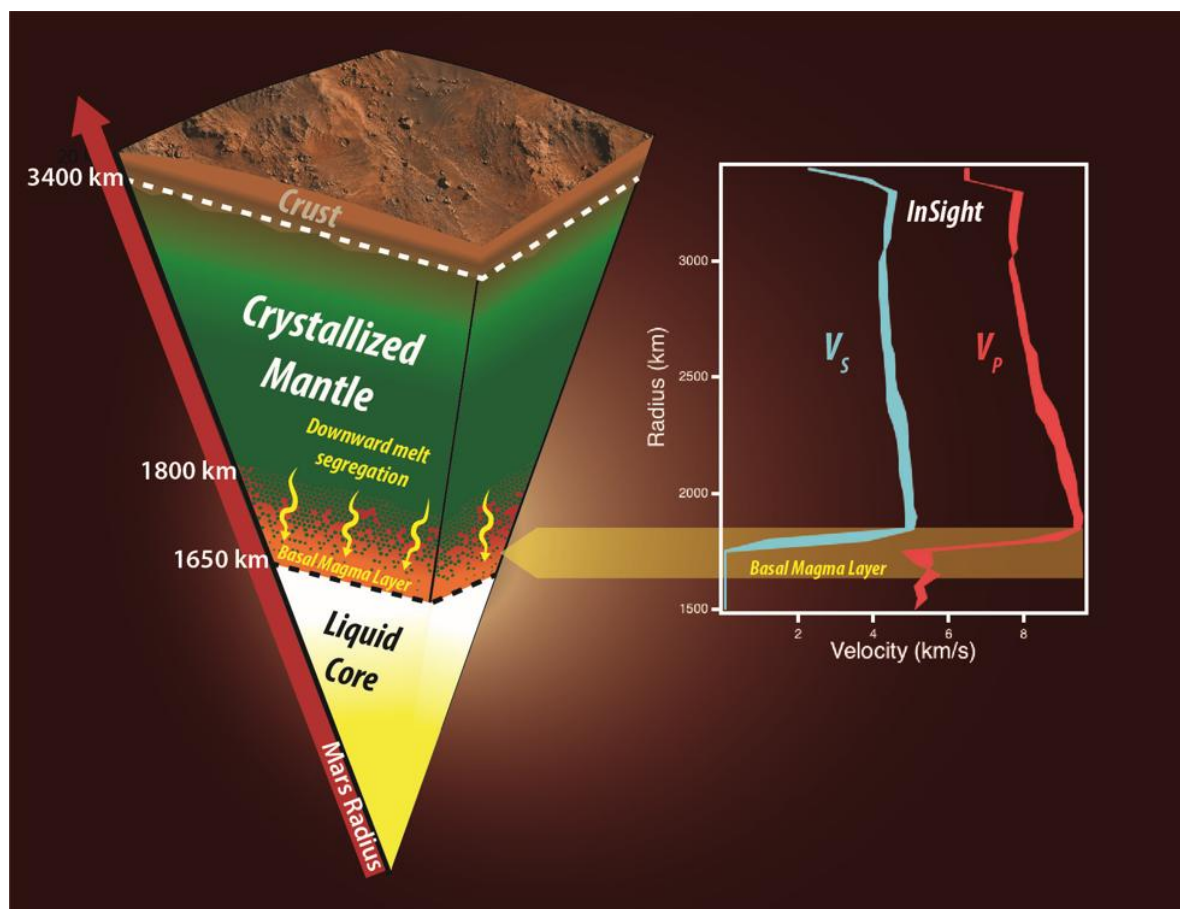


令和 8 年 10 月 30 日
愛 媛 大 学

火星の核直上にある部分溶融層はどのように形成されるのか？



愛媛大学とソルボンヌ大学などの国際共同研究チームは、火星中心核の直上、火星表面から1700kmほどの深さにおいて、岩石が一部溶けた層がどのようにでき、保たれているのかを実験で明らかにしました。火星内部の岩石を再現した試料に、最大約19万気圧（地上の大気圧は1気圧）の圧力と高温を加え、SPring-8の強力なX線などで調べました。その結果、火星のマントルの内部では、岩石はこれまでの予想より約100℃低い温度で溶け始め、鉄を多く含む重い液体が生じることが分かりました。この液体は火星の深部へゆっくり沈み、核のすぐ上に溜まって長期間安定に存在し続ける層を形成します。この研究成果は、火星探査機InSightが観測した火星内部の地震波伝播の異常を説明し、火星がどのように冷え、変化してきたのかを理解する手がかりとなります。

本研究成果は、イギリスの科学雑誌「Nature Geoscience」に掲載されました。

【本件に関する問い合わせ先】

愛媛大学先端研究院地球深部ダイナミクス研究センター
准教授 Steeve Gréaux (スティーブ・グレオ)
電話: 089-927-8405
E-mail: greaux.steeve_georgi.me@ehime-u.ac.jp



火星の核－マントル境界における長寿命の部分溶融層の形成機構 ～高温高圧実験で明らかにした鉄に富むメルトの生成・沈降と核直上への集積～

【研究成果のポイント】

- 探査機 InSight の地震観測が火星の核直上の部分溶融層の存在を示唆するも成因は不明
- 火星マントルを模した試料の最大約 19 万気圧に達する高圧高温実験を実施
- 予想より約 100℃低い温度での岩石溶融と、鉄に富む高密度液体の生成を確認
- 液体の沈降・集積による核直上の溶融層の形成・長期間の維持と、地震波速度異常を説明

【概要】

愛媛大学先端研究院地球深部ダイナミクス研究センターのスティーブ・グレオ准教授、ソルボンヌ大学のダニエレ・アントナンジェリ CNRS（国立科学研究センター）研究員、および同大学でアントナンジェリ氏のもとで博士研究員を務めたレミ・ピエル氏を中心とする国際共同研究チームは、火星の表面から約 1,550 km の深さで、岩石が部分的に溶融した層がどのように形成され、核の直上に維持されるのかを明らかにしました。この深さでは、マントルの岩石が従来考えられていたよりも約 100℃低い温度で溶け始め、周囲のマントルより高密度の鉄に富む液体が生成することがわかりました。この液体はさらに深部へ移動し、核の直上で部分溶融の層を形成し、長期間維持されると推測されます。これらの実験結果は、NASA とフランス国立宇宙研究センター（CNES）の InSight ミッションで得られた地震観測データの一部に対し、物理的な説明を与えるものです。

【本文】

NASA が CNES と協力して 2018 年に打ち上げた探査機による InSight ミッションは、特に火星のマントル内を伝わる地震波の解析を通じて、火星内部の構造を調べることを目的としていました。2022 年までに収集されたデータからは、岩石質のマントルと金属の中心核の境界における地震波の伝播異常などが明らかとなり、部分的に溶融した岩石の層が存在する可能性が示されました。しかし、そのような層がどのように形成され、なぜ核の直上で維持されるのかは、これらの観測からだけでは説明できませんでした。

このメカニズムを解明するため、研究チームは火星の組成を代表する岩石試料を合成し、火星マントル最下部の高温高圧条件を実験室で再現しました。試料には、最大で大気圧の約 19 万倍に相当する圧力と、試料の溶融温度を上回る高温を加えました。兵庫県西播磨にある放射光施設 SPring-8 のビームライン BL04B1 において超音波測定を実施し、X 線回折および X 線ラジオグラフィと組み合わせることで、岩石が溶け始める際に生じる変化を観察するとともに、生成する液体の性質を調べました。

実験の結果、岩石の溶け始めは、従来の想定よりも約 100℃低い温度で生じることが分かりました。中心核の直上に極端に鉄に富む物質があらかじめ蓄積していたとする仮説もありますが、それとは異なり、本実験結果からは、岩石質マントルにもともと含まれる鉄が、深さ 1,550 km 以深で生じる

液体に自然に濃集することがわかりました。この鉄に富み流動性の高い液体（メルト）は、周囲の固体岩石よりも高密度となります。そのため、少量であっても岩石中を移動し、火星内部の深さ 1,550 ～1,750 km の領域を徐々に沈降していきます。

マントルの最下部に到達した液体は、核の直上に蓄積します。深さとともに温度が上昇するため溶融が進行し、液体の蓄積が継続的に促されます。その結果、液体は小さなポケットとしてマントル中に分散するのではなく、最終的に核の直上に連続した均質な層を形成します。

本研究は、InSight ミッション終了後、火星地下にこのような溶融層が存在するメカニズムの謎の一端を、実験的に初めて明らかにしたものです。

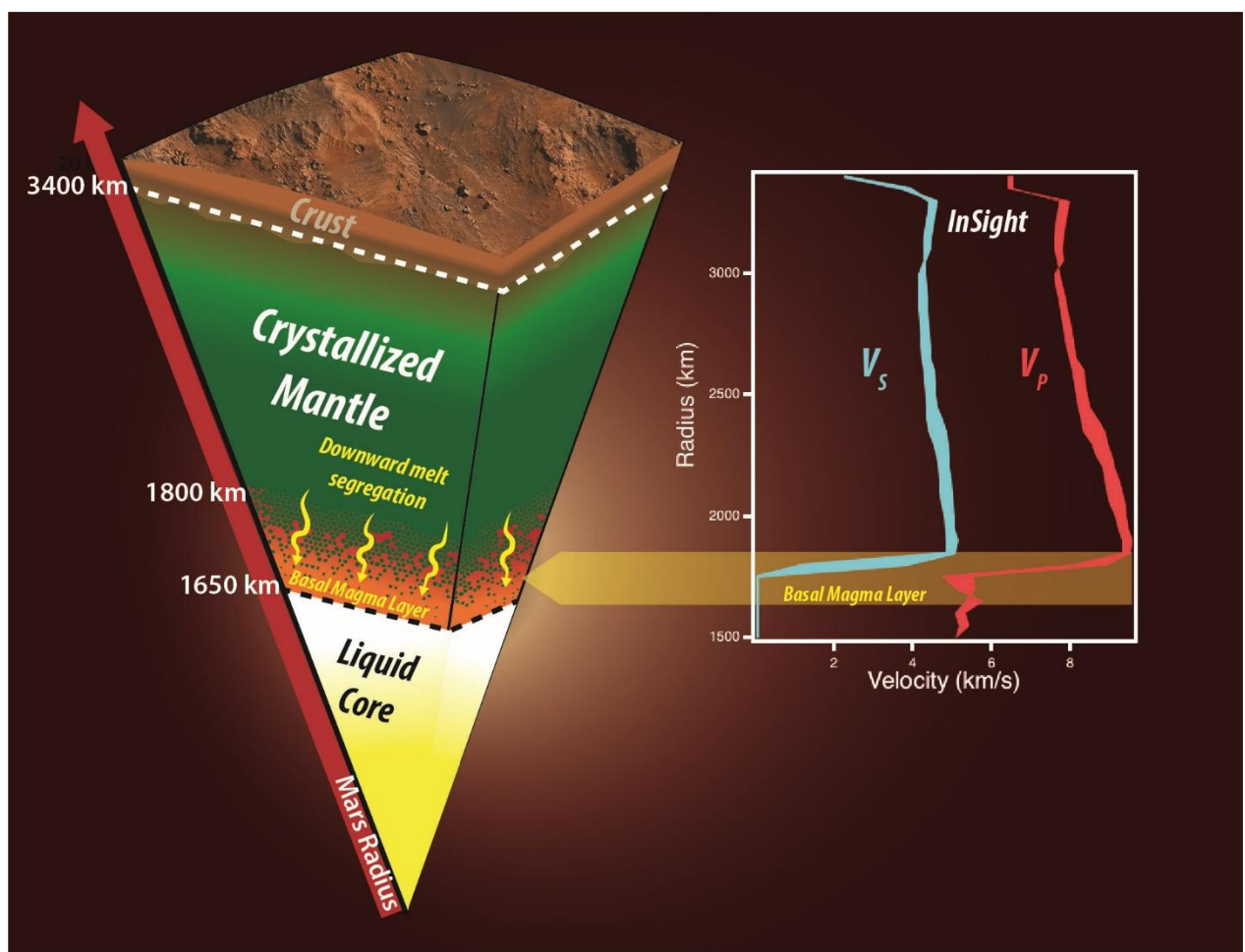


図 1. 火星深部における中心核直上のマグマ層の形成過程を示す模式図。部分溶融したマントルからメルトが下方へ分離・移動し、液体核との境界付近に集積することで、玄武岩質の基底マグマ層が形成される。右図に示すように、このマグマ層の存在は、InSight ミッションから得られた P 波速度（ V_P ）および S 波速度（ V_S ）の深さ方向の変化と整合的である。

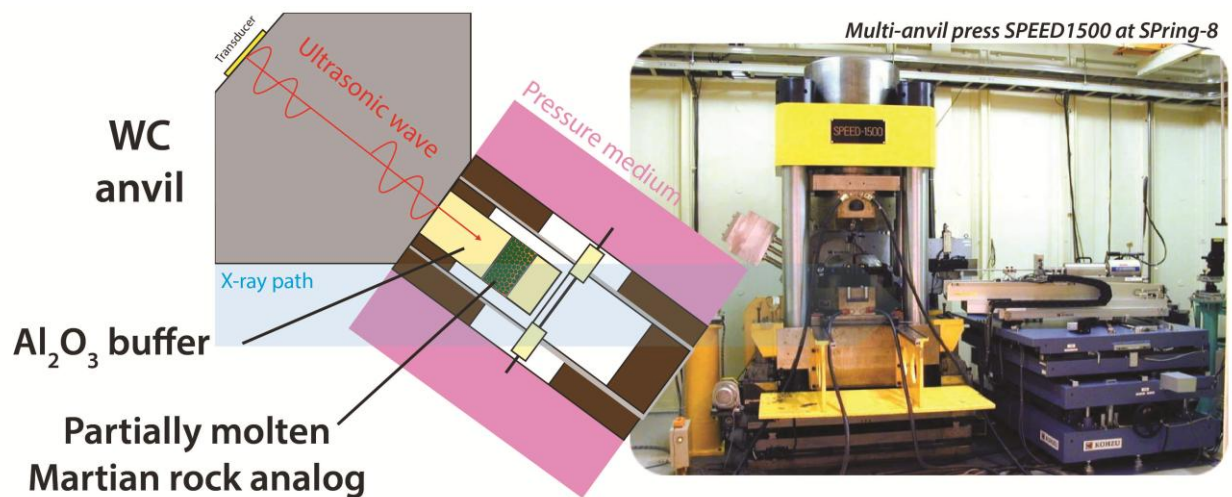


図 2. SPring-8 のビームライン BL04B1 における、火星の核・マントル境界の高温高圧条件下での超音波測定

【論文情報】

掲載誌：nature geoscience（2026 年 9 月 18 日付で公開）

題名：Experimental constraints on a long-lived magma layer at the Martian core-mantle boundary

（和訳：火星の核－マントル境界における長寿命マグマ層の存在条件を明らかにする実験研究）

著者：Rémy Pierru, Steeve Gréaux, Serena Dominijanni, Lianjie Man, Yoshio Kono, Sho Kakizawa, Yuji Higo, James Badro, Daniel Frost, Daniele Antonangeli

DOI：10.1038/s41467-026-71701-8

【問い合わせ先】

愛媛大学先端研究院地球深部ダイナミクス研究センター

准教授 Steeve Gréaux（スティーブ・グレオ）

電話：089-927-8405

E-mail：greaux.steeve_georgi.me@ehime-u.ac.jp